



Il Sole: l'unica fonte di energia “nucleare” in grado di combattere i cambiamenti climatici. Il caso di Montalto di Castro, dal nucleare al solare

Aurelio Angelini, Anna Re

1. Premessa: I cambiamenti climatici e le scelte energetiche

Negli ultimi decenni si è assistito a un costante aumento del fabbisogno energetico sia a livello nazionale sia internazionale. La grandissima quantità di consumi energetici prodotti da fonti fossili, la deforestazione, l'agricoltura monoculturale industrializzata e la zootecnia hanno accresciuto le emissioni dei gas serra in atmosfera, in particolare l'anidride carbonica (CO₂), il metano (CH₄), e altri gas climalteranti, innalzando la soglia del rischio ambientale e l'equilibrio termodinamico del Pianeta.

Le proiezioni dei modelli climatici basati su differenti scenari di emissioni future di gas serra indicano che l'aumento della temperatura entro la fine del secolo (Metz *et al.*, 2007) potrebbe causare un significativo impatto sul ciclo idrologico. Con temperature mediamente più alte aumenterà l'evaporazione e l'intensità del ciclo dell'acqua, con un conseguente accrescimento dell'umidità dell'aria. La magnitudine e la frequenza di eventi estremi, come inondazioni e siccità, probabilmente saranno più frequenti e severe anche in Europa. Questi fenomeni, insieme all'incremento della richiesta di acqua, sia in ambito agricolo sia da parte di altri settori, renderanno l'Europa più vulnerabile alla siccità (Facts about climate change, 2009).

Per tale ragione i cambiamenti climatici sono diventati un argomento centrale nei programmi di Ricerca e Sviluppo dell'Unione Europea. A dimostrarlo sta anche il fatto che la questione rappresenta una priorità del Settimo Programma di Ricerca, attivo dal 2007 al 2013.

L'Agenzia Europea per l'Ambiente ha condotto nel 2006 un'analisi di dettaglio sul continente europeo e ha rilevato che (Ferrara, 2007):

1. La temperatura media in Europa è aumentata di più di quella media globale: l'incremento è stato di 0,95°C (in estate di 0,7°C, in inverno di 1,1°C). Con tali ritmi, in Europa la temperatura media annuale nel 2100 potrebbe crescere fra 2 e 6,3°C.

2. Le precipitazioni totali annue nel Nord Europa sono aumentate, nell'arco di un secolo, dal 10 al 40%, mentre nel Sud Europa sono diminuite dal 10 al 20%.
3. Negli ultimi 25 anni in Europa sono avvenute circa 240 alluvioni devastanti.
4. La portata dei fiumi che si gettano nel Mediterraneo è diminuita dal 10 al 50%. Questa tendenza potrebbe rafforzarsi in futuro.

In Italia dalle analisi dei dati degli ultimi 200 anni, pervenuti da più di cento stazioni meteorologiche e dagli osservatori nazionali, il CNR (Brunetti M. et al., 2006) ha ricavato un ritratto del cambiamento in atto:

1. Le temperature medie annuali in Italia sono cresciute negli ultimi due secoli di 1,7°C (pari a oltre 0,8°C per secolo), ma il contributo più rilevante è avvenuto negli ultimi 50 anni, in cui l'aumento è stato di circa 1,4°C. Il tasso di crescita delle temperature medie in Italia è molto superiore (circa doppio) a quello medio globale. Sono aumentate di più le temperature minime (soprattutto al nord) rispetto alle massime, e di più le temperature invernali (soprattutto al sud) rispetto alle estive.
2. Le precipitazioni totali sono diminuite di circa il 5% a secolo, con maggiori riduzioni (9%) in primavera; la riduzione è più accentuata nelle regioni centro-meridionali rispetto a quelle settentrionali. È diminuito anche il numero complessivo dei giorni di pioggia, soprattutto negli ultimi 50 anni: la riduzione è di circa 6 giorni per secolo nelle regioni settentrionali e a circa 14 giorni nel centro-sud. La tendenza generale rivela un aumento dell'intensità delle precipitazioni e una riduzione della durata. Crescono i fenomeni di siccità in inverno nelle regioni settentrionali e in estate in quelle meridionali.
3. I dati della campagna di studio della Conferenza Nazionale delle Acque mostrano che le risorse idriche, valutate in circa 50 miliardi di metri cubi per anno, già distribuite in modo disomogeneo fra nord (41%), centro (26%), sud (20%) e isole (6%), tendono a diminuire a causa della riduzione delle precipitazioni e dell'aumento della evapotraspirazione e dei prelievi idrici.
4. La qualità dei suoli peggiora soprattutto al sud. Le aree aride, semi-aride e sub-umide che si trasformano in aree degradate, interessano il 47% della Sicilia, il 31,2% della Sardegna, il 60% della Puglia e il 54% della Basilicata. Concorrono al degrado anche i cambiamenti di uso del suolo e l'incremento degli incendi. Il degrado è accentuato anche da fattori di origine antropica come l'erosione, la salinizzazione, la perdita di sostanza organica, l'impermeabilizzazione e anche da fenomeni di forte ruscellamento da eventi alluvionali.
5. Il riscaldamento climatico e il cambiamento del regime idropluviometrico indurranno cambiamenti negli equilibri degli ecosistemi, che porteranno gli ecosistemi terrestri di pianura a migrare di circa 150 km verso nord per ogni grado di aumento della temperatura, e gli ecosistemi montani di circa 150 metri verso l'alto per ogni grado in più. Gli ostacoli naturali (orografici e geomorfologici) che impediranno tale migrazione indurranno una perdita dell'ecosistema o modifiche della sua biodiversità.

6. Nell'Italia meridionale e insulare aumenta il rischio di desertificazione, a causa di diversi fattori, tra cui la diminuzione delle precipitazioni totali annue al di sotto della soglia di circa 600 mm/anno che con temperature medie crescenti comporta un rischio permanente di aridificazione ed estensione dei periodi di siccità per molti mesi.

I cambiamenti climatici in atto possono portare in Italia a gravi conseguenze:

- L'andamento della temperatura, delle precipitazioni e degli eventi meteorologici estremi tenderà a far aumentare la differenza nella disponibilità della risorsa idrica, accentuando l'abbondanza di acqua al nord e la scarsità di acqua al sud.
- Verrà favorito lo spostamento verso nord di tutti i sistemi ecologici e ambientali naturali, con modifiche anche del paesaggio e profonde implicazioni nell'agricoltura, turismo, urbanizzazione.
- L'innalzamento del livello del mare potrebbe provocare l'inondazione in alcune aree costiere depresse italiane, oltre che un incremento dell'erosione costiera, infiltrazioni di acqua salata nelle falde costiere di acqua dolce e altre conseguenze sugli ambienti marino-costieri con pesanti effetti sulle attività produttive nelle zone costiere, ma anche sulle attività ricreative e turistiche.
- Le ripercussioni secondarie sono associate alle conseguenze dei cambiamenti climatici e vanno dalla perdita della biodiversità ai rischi di desertificazione (soprattutto per il sud). Ripercussioni si avrebbero anche in campo economico, a causa delle modifiche delle opportunità di sviluppo per le varie regioni italiane; soprattutto per quanto riguarda le iniziative economiche, l'occupazione e la distribuzione della ricchezza, determinando problemi di equità fra le popolazioni delle diverse regioni italiane.

Uno scenario così inquietante induce a riflettere seriamente sulla necessità reale di mutare drasticamente il modello energetico basato sui combustibili fossili, risorsa limitata e principale causa del cambiamento climatico.

L'impiego di strumenti che consentano di diminuire il consumo di energie non rinnovabili diviene pertanto essenziale. Sono necessari interventi per l'efficienza e il risparmio energetico accanto ad una strategia di medio periodo sugli incentivi per favorire l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili.

L'efficienza energetica può essere considerata come una "nuova forma di energia". A livello globale, gli scenari IEA dimostrano che l'abbattimento complessivo delle emissioni di gasalteranti è conseguito per oltre il 75% attraverso il ricorso a misure di efficienza energetica al 2020 e per oltre il 43% al 2035. Le misure di efficienza energetica potrebbero contribuire a ridurre la domanda globale di energia al 2035 in un *range* che va dal 10% al 18% a seconda degli scenari considerati.

Anche per l'Italia gli scenari energetici elaborati dall'ENEA attribuiscono al settore dell'efficienza energetica un ruolo centrale nel contenimento della domanda energetica, nell'attenuazione della dipendenza energetica e nella riduzione degli impatti ambientali del sistema energetico (D'Errico, 2006).

L'Italia ha saputo dotarsi di alcuni strumenti efficaci per la promozione di interventi sull'efficienza energetica (come i certificati bianchi). Tra i limiti in termini di policy, va segnalata la mancanza di una visione d'insieme a medio e lungo termine per il settore. La redazione del Piano Straordinario per l'Efficienza Energetica¹, risulta di grande importanza. (Icom, Istituto per la competitività, 2011).

Per quanto riguarda le politiche europee sull'efficienza energetica si è riscontrata la carenza di un quadro organico, limitandosi a interventi specifici (es. certificazione degli edifici, etichettatura degli elettrodomestici etc.) ed evidenziando una eccessiva discontinuità dei provvedimenti e orizzonti temporali troppo limitati. Nei Paesi europei in cui sono stati introdotti obiettivi vincolanti, si sono avuti risultati promettenti.

Va inoltre sottolineata, per alcuni strumenti, la totale assenza di sistemi di monitoraggio e valutazione, essenziale sia per migliorare la programmazione che per sviluppare un sistema credibile di certificazione.

Anche nel campo dell'efficienza energetica, come già ampiamente dimostrato del settore delle rinnovabili, è essenziale un efficace ruolo centrale nell'armonizzazione dei diversi livelli di governo e di supervisione degli attori coinvolti.

Per cogliere le enormi potenzialità future dei mercati delle tecnologie per l'uso efficiente dell'energia dovranno essere potenziate le risorse dedicate all'attività di ricerca e sviluppo tecnologico, sia aumentando l'impegno di risorse pubbliche, sia attivando collaborazioni più strette tra pubblico e privato. Va rafforzato il processo di trasferimento delle tecnologie dalla fa-

¹ Il Piano d'Azione Italiano per L'Efficienza Energetica del 2007 prevede una serie di interventi e quantifica i corrispondenti risparmi energetici al 2016. Gli obiettivi del piano sono stati estesi al 2020. Gli interventi previsti dal Piano coinvolgono i principali settori. Per il settore residenziale le misure di miglioramento si riferiscono a edifici e a apparecchi. Nel primo caso, le misure (isolamento di pareti, impianti di riscaldamento e condizionamento efficienti) rispondono alle aspettative della certificazione energetica degli edifici -Direttiva 2001/91/CE. Nel secondo caso, le misure (elettrodomestici e sorgenti luminose) derivano dalla Direttiva 2005/32/CE (Energy Using Products - EUP). Il passaggio dal 2016 al 2020 avviene proseguendo le misure già previste.

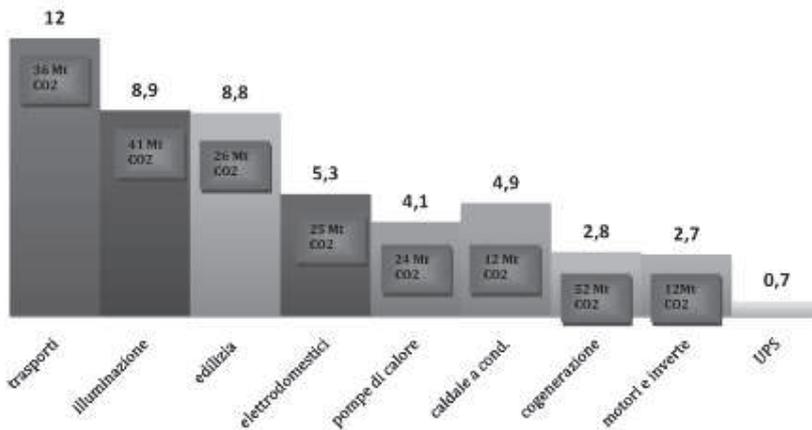
Anche per il settore terziario le misure fanno riferimento alle stesse direttive. Nel settore dell'industria, le misure riguardano l'illuminazione degli edifici e dei luoghi di lavoro, gli azionamenti elettrici e la cogenerazione ad alto rendimento. Per il 2020 si aggiungono interventi specifici per la riduzione dei consumi dei forni elettrici ad arco in siderurgia e risparmi di calore nei settori della chimica, del vetro e ceramica e della carta. Nel settore dei trasporti le azioni riguardano misure tecnologiche relative ai veicoli con l'introduzione di limiti di consumo per i nuovi autoveicoli e per il trasporto pesante, pneumatici a bassa resistenza di rotolamento, lubrificanti a bassa viscosità, e misure orientate alla domanda ed al comportamento (ecodriving e tassazione in funzione del consumo) e, infine, le cosiddette misure infrastrutturali (controllo dinamico dei semafori, parking management, car sharing, navigazione dinamica, gestione trasporto merci, manto stradale con ridotta resistenza al rotolamento e road pricing nei centri urbani) (AzzeroCO₂, 2010). È in corso di elaborazione un nuovo Piano d'Azione Italiano per l'Efficienza Energetica che però già nella versione in bozza è criticato da molte associazioni ambientaliste. La FIRE, Federazione italiana per l'uso razionale dell'Energia, ha inviato al Ministero competente le osservazioni alla bozza messa in consultazione dal MSE. Anche Cogena ha redatto un comunicato stampa in cui vengono evidenziate le criticità del piano.

se di ricerca e sviluppo al mercato (Icom, Istituto per la competitività, 2011).

In questo contesto è interessante citare un recente studio di Confindustria, che sottolinea come attraverso una corretta politica di incentivazione dell'efficienza energetica in Italia si potrebbe arrivare a un risparmio di oltre 51 Mtep nel periodo 2010-2020, con una conseguente riduzione di emissioni di CO2 pari ad oltre 231 milioni di tonnellate. I settori più promettenti in termini di risparmi risultano i trasporti su gomma (12 Mtep), l'illuminazione pubblica e privata (8,9 Mtep), la riqualificazione energetica dell'edilizia residenziale (8,8 Mtep).

Tale strategia di politica industriale potrebbe avere un impatto socio-economico di circa 130 miliardi di euro di investimenti con una crescita occupazionale di circa 800 mila unità, nel periodo compreso tra il 2010 e il 2020. Il costo netto per gli incentivi in termini di esborso per lo Stato sarebbe di circa 16,7 miliardi di euro in dieci anni. Con questi scenari di efficienza energetica, si potrebbe conseguire una riduzione delle emissioni pari a circa 231,4 Mt CO2, con un risparmio economico, per il costo evitato della CO2 di circa 5,8 miliardi di euro, se si stima il costo dei permessi di emissione al 2020 pari a 25 euro/t (Icom, Istituto per la competitività, 2011).

Potenziale risparmio e riduzioni per misure di EE (Mtep)
Fonte: Elaborazione I-com su dati Confindustria



A livello internazionale da anni si sta lavorando su iniziative globali per fare fronte al cambiamento climatico. Dal punto di vista della riduzione delle emissioni in atmosfera è in vigore il "Protocollo di Kyoto", che prevede l'obbligo in capo ai paesi industrializzati di operare una riduzione del-

le emissioni dei gas climalteranti in una misura non inferiore al 5% rispetto alle emissioni registrate nel 1990, nel periodo 2008-2012.

Premesso che l'atmosfera terrestre contiene 3 milioni di megatonnellate (Mt) di CO₂, il Protocollo prevede che i paesi industrializzati riducano del 5% le proprie emissioni di questo gas. Le attività umane nel mondo immettono 6.000 Mt di CO₂, di cui 3.000 dai paesi industrializzati e 3.000 da quelli in via di sviluppo; per cui, con il protocollo di Kyoto, se ne dovrebbero immettere 5.850 anziché 6.000, su un totale di 3 milioni. Ad oggi, 174 Paesi e un'organizzazione di integrazione economica regionale (EEC) hanno ratificato il Protocollo o hanno avviato le procedure per la ratifica. Questi paesi contribuiscono per il 61,6% alle emissioni globali di gas serra (Nuclear Energy and the Kyoto Protocol, 2002).

Dopo Kyoto la Comunità internazionale ha ribadito l'intenzione di compattare i cambiamenti climatici. Nel 2009 a Copenaghen si è svolta la quindicesima Conferenza Onu sul clima in cui si raggiunge un accordo senza numeri sulla CO₂, resta solo l'obiettivo di limitare il riscaldamento globale a 2 gradi, mentre viene istituito un fondo da 30 miliardi di dollari per il triennio 2010-2012, e da 100 miliardi di dollari l'anno entro il 2020. A Cancun nel 2010 la Cop 16 punta ad accordi specifici. Principalmente, la protezione delle foreste, aiuti finanziari per la mitigazione rivolti ai Paesi in via di sviluppo, e il proseguimento del protocollo di Kyoto (che scade nel 2012). (Iqbal, 2011, Boyd, 2010).

L'Unione europea ha fissato nella Strategia europea 20/20/20 tre obiettivi strategici: la riduzione del 20 per cento, rispetto ai livelli del 1990, delle emissioni di gas a effetto serra; il raggiungimento della quota di fonti rinnovabili del 20 per cento rispetto al consumo finale lordo (Direttiva 2009/28/CE del Parlamento e europeo e del Consiglio del 23 aprile 2009); il miglioramento dell'efficienza degli usi finali dell'energia del 20 per cento. Per l'Italia, tale strategia si è tradotta in un duplice obiettivo vincolante per il 2020: la riduzione dei gas serra del 14 per cento rispetto al 2005 e il raggiungimento di una quota di energia rinnovabile pari al 17 per cento del consumo finale lordo (nel 2005 tale quota era del 5,2 per cento).

È evidente l'importanza delle fonti rinnovabili perché sono praticamente inesauribili e perché il loro uso per la produzione di energia comporta un minor impatto ambientale rispetto all'uso di combustibili fossili, soprattutto per quanto riguarda l'inquinamento atmosferico (Environment Report, 2009).

Un'importante fonte rinnovabile è rappresentata dall'energia solare. Il Sole viene classificato come una stella nana di tipo spettrale G2; la sua temperatura superficiale è di circa 5.700 gradi ed esso emette radiazione elettromagnetica prevalentemente nella regione ottica e nel vicino infrarosso con una potenza di 400.000 miliardi di miliardi di KW ($4 \cdot 10^{33}$ erg/sec).

L'origine di questa emissione risiede nella fusione nucleare che avviene nel centro: a causa della sua grande massa, le regioni interne del Sole vengono compresse fino a raggiungere temperature elevatissime (15 milioni di gradi) e ad innescare così la fusione, che richiede alte pressioni e temperature. La fusione nucleare consiste nella trasformazione di quattro nuclei di

idrogeno (il costituente principale del Sole) in un nucleo di elio; la massa di quest'ultimo è leggermente minore della somma delle masse dei nuclei di idrogeno; la differenza viene trasformata in energia. Questa è proprio l'unica energia "nucleare" di cui ci possiamo fidare. Il nucleare costa troppo e non dà indipendenza, né sicurezza energetica.

L'uranio è una risorsa che entro qualche decennio² sarà esaurita (probabilmente prima del petrolio e del carbone) perciò destinata a divenire sempre più costosa e oggetto di competizione internazionale; non è stato risolto il problema delle scorie radioattive, lasciando quindi aperti gravi problemi per il futuro.

Le centrali costituiscono degli obiettivi "sensibili" per il terrorismo, con forti rischi per la popolazione e comunque richiedono la preventiva militarizzazione del territorio. Soprattutto, il nucleare costituisce un rischio ambientale e per la salute. Si utilizza una tecnologia complessa che non mette al riparo da rischi sanitari neppure nel normale funzionamento di una centrale e neppure a basse dosi:

L'Icrp non ha modificato, da almeno trenta anni, sia per i danni somatici che per i danni genetici, l'ipotesi che l'andamento degli effetti in funzione della dose – e dunque il rischio – sia alle basse dosi (cioè al di sotto di circa 100 mSv – milliSievert) del tipo lineare e senza soglia. Secondo questa ipotesi, ogni pur minimo incremento di dose può indurre nella classe di individui esposti un corrispondente maggior rischio.

L'uso di questa ipotesi è considerato dalla Commissione «il miglior approccio pratico per trattare il rischio derivante dall'esposizione alle radiazioni e commisurato con il "principio di precauzione" (Unesco, 2005)» (B.3.7).

Questa osservazione si applica in particolare al fondo naturale di radioattività: quante volte abbiamo sentito improvvidi confronti tra dosi rilasciate da un impianto nucleare e la dose, più considerevole, associata al fondo naturale! Confronto del tutto improprio, come si vede, dal momento che le due dosi vanno invece sommate. (Mattioli Scalia, 2011:117)

Il nucleare poi presenta costi elevati e comunque superiori rispetto ad altre fonti energetiche realmente pulite e rinnovabili:

² Le stime più recenti ci dicono che l'uranio è una risorsa in via di esaurimento. "If the resources of uranium are used at the rate used today, the 4.7 million tonnes of 'identified resources' will last 80 to 90 years" (Nuclear Energy Report, 2009) e ancora: "According to a background paper by the EnergyWatch Group (available at www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/EWG_Report_Uranium_3-12-2006ms.pdf), uranium supplies will become scarce over the next 25 years, even as new reactor capacity grows slowly. Neither breeder reactors, nor thorium reactors, will play a significant role during that period, due to long lead times.

According to the study, discovered reserves of uranium are not enough to guarantee uranium supplies for more than 30 years. A total of 11 countries have already exhausted their uranium reserves. Only Canada still has uranium deposits with ore grades above 1%. Two-thirds of reserves in other countries have ore grades below 0.06%. (Business & the Environment with ISO 14000 Updates, 2009).

Dalla forcilla iniziale – 2,8-3,4 milioni di euro – la sarabanda dei costi è levitata sopra i 4 milioni per megawatt. Ma anche questa, come tutte le cifre fornite dall'Enel, è al ribasso. La verità è apparsa senza veli nel luglio 2009, quando il governo canadese ha indetto una gara per nuove centrali nucleari. Areva offre il suo Epr a 7,4 milioni di dollari a megawatt, cioè circa cinque milioni di euro, al netto di eventuali sovra costi causati dall'allungamento dei tempi; il governo canadese rinuncia.

[...] ovunque il nucleare si può fare solo con gli incentivi dello Stato; e non solo nella Francia dove sia l'industria nucleare, Areva, che l'ente elettrico, EdF, sono direttamente proprietà dello Stato. Anche negli Stati Uniti, dove ricordavamo che il mercato dell'energia è libero, il nucleare fa eccezione, e per avere una qualche speranza deve ricorrere agli incentivi: quelli fissati da Bush nel 2005 – 1,8 centesimo di dollaro per kWh prodotto e finanziamenti agevolati per l'80% del capitale – e quelli di Obama del febbraio 2010 per altri 8,2 miliardi di dollari. (Mattioli Scalia, 2011:117).

La convinzione che l'energia nucleare sia pulita e possa sostanzialmente diminuire le emissioni di CO₂ è discutibile. È vero anche che esistono diversi studi che sostengono l'utilità dell'energia nucleare per diminuire le emissioni di CO₂. Per esempio viene evidenziato il fatto che l'energia nucleare permette di diminuire le emissioni di gas serra e che il suo costo sia moderato (Monk, 2008; Nunn, 2000; Nuclear Energy and the Kyoto Protocol, 2002; ElBaradei, 2005; Lynas, 2008; Kidd, 2010; Echávarri, 2010). Rispetto al rischio viene sostenuto che i cambiamenti climatici pongono il mondo di fronte ad un rischio maggiore rispetto a quello derivato dalle centrali nucleari:

Rejecting nuclear power does not mean we are saving ourselves from harm. It just means that we are subjecting ourselves to a different sort of harm – in this case, the far more serious harm threatened by global warming. Eventually society must come to grips with the fact that technological advancement involves inherent risks. We must perpetually balance the various trade-offs. In the end, the riskiest course of all may be that of trying to eliminate every risk. (Eccleston, 2009: 51)

Una soluzione per i sostenitori delle fonti tradizionali potrebbe essere un piano diversificazione della produzione energetica: «a combination of cleaner and more efficient use of fossil fuels, nuclear energy and renewables» (Monk, 2008: 9).

Ma l'idea di proporre l'energia nucleare come soluzione alla crisi climatica rimane problematica. Porta a risolvere un problema sostituendolo con un altro problema, come afferma enfaticamente Monk: «promoting nuclear power as the solution to climate change is like advocating smoking as a cure for obesity» (Monk, 2008: 9). Vivere in una società “senza rischio” è impossibile e il solo pensare che questo possa accadere è il rischio maggiore di tutti. Vale la pena tentare di percorrere strade alternative al nucleare prima di decidere di avventurarsi lungo una certamente pericolosa.

Va sottolineato infatti che se è vero che il funzionamento della centrale nucleare in sé non produce emissioni di CO₂, questa per funzionare ha bisogno di combustibile nucleare che va prodotto. Le fasi di estrazione, frantumazione, macinazione, fabbricazione del combustibile, arricchimento e gestione delle scorie, necessitano di parecchio combustibile fossile e quindi emettono CO₂ responsabile dei cambiamenti climatici: «Nuclear energy is in no way 'carbon free' or 'emissions free', even though it is much better (from purely a carbon equivalent emissions standpoint) than coal, oil, and natural gas electricity generators, but worse than renewable and small scale distributed generators» (Sovacool, 2009: 761, cfr. anche Shrader-Frechette, 2008): è un fatto accertato che le rinnovabili garantiscono migliori performance rispetto alle emissioni di gas serra.

Inoltre gli studi sulle emissioni di CO₂ da parte delle centrali nucleari non sono accurati:

81 percent of studies [of green house gas emission associated with nuclear fuel cycle] had methodological shortcomings... No identifiable industry standard provides guidance for utilities and companies operating nuclear facilities concerning how to report their carbon-equivalent emissions. Regulators, utilities, and operators should consider developing formal standardization and reporting criteria for the greenhouse gas emissions associated with nuclear lifecycles similar to those that provide general guidance for environmental management and lifecycle assessment, such as ISO 14040 and 14044, but adapted exclusively to the nuclear industry. (Sovacool, 2009: 761)

Per altro lo studio di Sovacool sottolinea anche come le analisi ritenute attendibili non offrono sufficienti garanzie e obiettività:

of the remaining nineteen percent of studies that were relatively up to date, accessible, and methodologically explicit, they varies greatly in their comprehensiveness, some counting just construction and decommissioning as part of the fuel cycle, and others including mining, milling, enrichment, conversion, construction, operation, processing, waste storage, and decommissioning. Adding even more variation, studies differed in whether they assessed future emissions for the global nuclear fleet; assumed existing technologies or those under development; and presumed whether the electricity needed for mining and enrichment came from fossil fuels, other nuclear plants, renewable energy technologies, or a combination thereof. Furthermore, the specific reactors studied differ greatly themselves....Rather than detail the complexity and variation inherent in greenhouse gas emissions associated with the nuclear lifecycle, most studies obscure it; especially those motivated on both sides of the nuclear debate attempting to make nuclear energy look cleaner or dirtier than it really is. (Sovacool, 2009: 761-762)

Non ci sono quindi rilevanze scientifiche adeguate per giustificare la costruzioni di nuove centrali. Che sia il nucleare il peggior azzardo?

Meglio investire in altre forme di produzione di energie rinnovabili e molta letteratura scientifica recente va in questa direzione. La realizzazioni di questa linea di intenti comporta ed obbliga ad un miglioramento delle

tecnologie con correlata diminuzione dei costi, il supporto governativo ed istituzionale, la sensibilizzazione della società (Sovacool, 2009; Short, 2001; McGowan, 2007; Oliveira, 2007; Kramer, 2009; Delimatsis, 2009; Kaygusuz, Yüksek, Sari, 2007; Air Pollution Consultant, 2007) e – seguendo le direttive del Rapporto Brundtland e dell’IPCC – piani di azione che indirizzino verso fonti alternative ed efficienza energetica (Goldemberg, 2008).

Lo scopo deve essere assicurare sicurezza e diversità in campo energetico:

conventional approaches to energy must be reoriented toward the promotion of energy system based on renewable energy, energy efficiency, and cleaner fossil technologies, which will make it possible to address social, economic, and environmental concern simultaneously. (Bilgen, Kaygusuz, Sari, 2004: 1128)

Uno studio del German Advisory Council on Global Change (WBGU) (Grassel et al., 2004) conclude che nel 2100 l’energia da fonti rinnovabili potrebbe rappresentare l’85% del totale, passando attraverso il 50% del 2050. Il nostro è destinato a diventare il secolo dell’*energy shift*, ma questa trasformazione può realizzarsi solo ad alcune condizioni. In primo luogo la rivoluzione energetica deve essere “globale”: «the transfer of capital and technology from industrialized to developing countries is intensified, as these will have the highest growth of population and Energy consumption», inoltre «issues like security of energy and risk, and their effects on macro- and micro-economy, must not be forgotten and should be included in a complete economic analysis» (Oliveira, 2007: 296). Forse le cifre di questo studio sono contestabili, troppo ottimistiche, ma certo le rinnovabili sono la grande/unica opportunità del nostro secolo.

Il Sole è una delle opzioni da privilegiare. L’energia solare è pulita e facilmente trasformabile. L’impianto solare non provoca nessun apporto di inquinanti (CO₂, polveri sottili, sgradevoli odori) nell’atmosfera e quindi contribuisce a ridurre l’effetto serra.

Secondo i dati pubblicati da diversi osservatori del settore, il mercato mondiale del fotovoltaico, mantenendo un tasso di crescita solido e tendente al rialzo – 30/40% all’anno negli ultimi 5 anni. Il primato europeo è ancora detenuto dalla Germania con «more than 80% of the grid connected market in Europe» (Kaygusuz, Yüksek, Sari, 2007:25) grazie a un supporto strategico delle istituzioni.

L’apporto reale di Paesi quali la Francia, l’Italia e la Spagna è difficile da definire. La European Photovoltaic Industry Association sostiene che gli scenari europei sono difficili da stimare e dipendono largamente dalla volontà degli stati membri e dalle strategie messe in atto con le industrie produttrici (Kaygusuz, Yüksek, Sari, 2007, Air Pollution Consultant, 2007).

2. Il solare fotovoltaico di Montalto di Castro

Nella primavera del 1986 a Chernobyl, in Ucraina, si verificò la catastrofe nucleare più grave della storia. In Italia a capo del governo c'era il segretario socialista Bettino Craxi che cavalcò immediatamente l'onda antinucleare. Ben presto furono superate anche le resistenze all'interno della Democrazia Cristiana e dello stesso Partito Comunista Italiano. E il referendum del 1987 passò con un consenso mai registrato prima. Di colpo, in Italia, i nuclearisti erano scomparsi. Prima iniziativa fu la chiusura delle centrali in attività e in avvio anche se i quesiti referendari non avrebbero in teoria obbligato l'Enel a fermare i reattori. Ma il Psi e la Dc, con l'appoggio del Pci, interpretarono così la volontà politica degli elettori. Fecero spegnere gli interruttori. E i lavori alla centrale di Montalto di Castro, quasi completata, vennero interrotti.

Benvenuti a Montalto di Castro, monumento gigantesco al fallimento della politica energetica italiana costruita sulle ceneri del nucleare, inutilmente costato almeno 250 euro a ogni italiano.

Ma la rivincita c'è stata: Montalto è passato dal fallimento del nucleare al grande successo del fotovoltaico. Oggi è un comune leader in Italia per diffusione del fotovoltaico, collocandosi al primo posto in termini assoluti per MW installati con 100,8 MW complessivi e al 2° posto con 11MW/1.000 abitanti e 100,8 MW complessivi distribuiti in 21 impianti a terra e 79 impianti su tetti o coperture.

Realizzata da SunPower, in qualità di EPC contractor, e dal Gruppo Vona, in veste di General Contractor, la centrale si estende su una superficie di 285 ettari. Con la conclusione dei lavori per gli ultimi due parchi previsti, quello da 45 MW e quello da 7 MW, la centrale fotovoltaica è stata allacciata alla rete cominciando a immettere l'energia elettrica prodotta grazie a 85MW di potenza complessiva.

Il parco è formato da moduli solari installati su inseguitori monoassiali che seguono il corso del Sole durante il giorno, aumentando il rendimento energetico fino al 30% in più rispetto ai meccanismi fissi e riducendo la superficie occupata. La costruzione dei parchi fotovoltaici è stata completa nell'arco di un anno e mezzo grazie all'utilizzo quotidiano di circa 500 persone tra specialisti, tecnici e manodopera locale.

Con l'avvio a pieno regime della centrale, Montalto ha ottenuto in soli 240 giorni la riduzione del biossido di carbonio prevista dal Protocollo di Kyoto, e discussa dai leader del mondo a Copenaghen. Nei prossimi anni, la centrale fotovoltaica diventerà un punto di riferimento dell'Europa per la produzione di energia rinnovabile (cfr. sito ufficiale del comune di Montalto di Castro: <http://www.comune.montaltodicastro.vt.it>).

Montalto di Castro non è un caso isolato in Italia. Il Comune con la più ampia diffusione di pannelli solari fotovoltaici è San Bellino, in Provincia di Rovigo, con 58,4 MW/1.000 abitanti, dove è presente il più grande impianto "unico" d'Europa con 70,5 MW, in un'area industriale, composto da 280 mila pannelli per una superficie di 850 mila mq. Parte ricade nel Comune di Castel Guglielmo. Grazie all'impianto si supera di molto il fabbi-

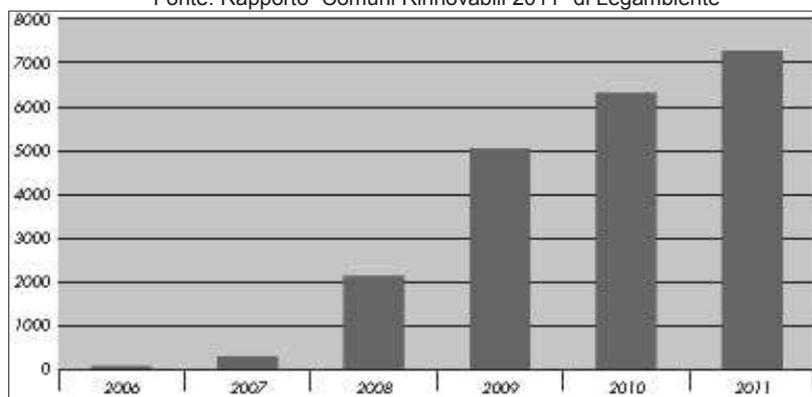
sogno energetico elettrico delle famiglie del Comune di San Bellino e di Castel Guglielmo. Altri 38 kW sono posizionati su 6 tetti o coperture.

Gli impianti su tetti e coperture rappresentano nel nostro Paese il 96% del numero totale di impianti e il 58% della potenza complessiva installata. Gli impianti da 1 a 20 kW sono quelli più diffusi, e rappresentano il 93% degli impianti su coperture e il 90% dei 157.945 impianti installati nei Comuni italiani. La Lombardia è la Regione con il più alto numero di impianti da 1 a 20 kW con oltre 21 mila impianti e 115,5 MW complessivi. È seguita dal Veneto con 18 mila impianti e 100,2 MW installati e dall'Emilia-Romagna con 68,2 MW.

I comuni italiani in cui sono installati pannelli fotovoltaici sono 7.273 e ospitano complessivamente sul proprio territorio 3.217 MW. I dati di crescita sono impressionanti e costanti: nel 2010 sono aumentati i Comuni, 962 in più, e le installazioni con 2.462 MW. Il processo di diffusione coinvolge ogni area del paese. In percentuali la crescita della potenza installata è di oltre l'80% in un solo anno e le installazioni che sono arrivate a coinvolgere l'89% dei comuni italiani. Complessivamente sono 157.945 gli impianti in Italia, e il 96% di questi sono su tetti. Una tale notevole crescita va attribuita al sistema di incentivo Conto Energia che ha favorito gli investimenti di famiglie, aziende e comuni contribuendo allo sviluppo di un settore in cui oggi lavorano circa 15 mila persone.

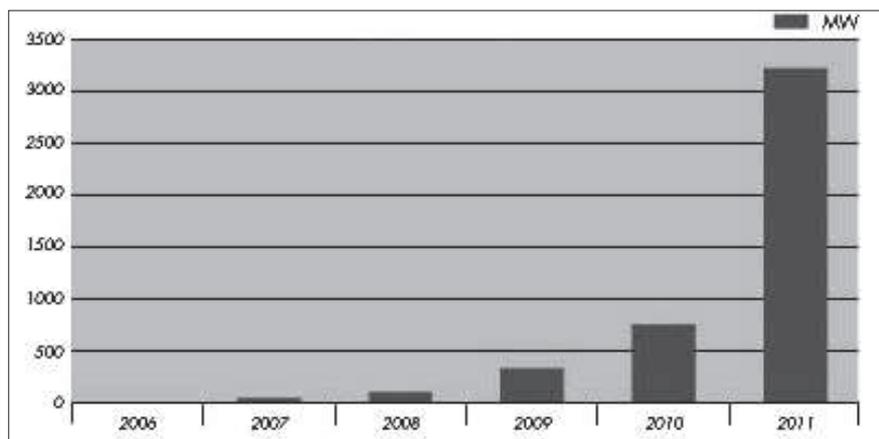
Interessante è il fatto che cresce il contributo elettrico del solare: i 3,2 GW di pannelli fotovoltaici soddisfano il fabbisogno di oltre 1,6 milioni di famiglie e permettono di evitare l'immissione in atmosfera di oltre 2,9 milioni di tonnellate di anidride carbonica. Sono quindi i numeri, i fatti che fanno considerare il fotovoltaico come una prospettiva concreta di risposta al fabbisogno di energia elettrica, e per questo il suo sviluppo va accompagnato dando certezze ai cittadini e alle imprese. I comuni italiani nei quali la produzione di energia elettrica da fotovoltaico supera il fabbisogno delle famiglie residenti sono già 109 e ciò fa ben sperare per il futuro (Cfr. Rapporto *Comuni Rinnovabili 2011*, Legambiente).

I comuni del solare fotovoltaico
Fonte: Rapporto "Comuni Rinnovabili 2011" di Legambiente



Solare fotovoltaico: la crescita delle installazioni in Italia

Fonte: Rapporto *Comuni Rinnovabili 2011*, Legambiente



Primi 10 comuni del fotovoltaico

Fonte: Elaborazione *Comuni Rinnovabili 2011*, Legambiente su dati GSE

	PR	Comune	SF Kw	Kw/1000
1	RO	San Bellino	70.594,07	58.438,80
2	VT	Montalto di Castro	96.820,50	11.018,61
3	BR	Cellino San Marco	42.775,27	6.273,87
4	IS	Pescopennataro	1.955,00	6.186,71
5	AT	Quaranti	1.002,40	5.037,19
6	MT	Craco	3915,66	4.919,17
7	PV	Ottobiano	4.288,57	3.791,84
8	CN	Torre San Giorgio	2.658,42	3.656,70
9	CN	Serralunga d'Alba	1.908,93	3.622,26
10	RO	Loreo	12.794,58	3.444,96

Aurelio Angelini, Università di Palermo.

Anna Re, Università IULM, Milano.

Riferimenti bibliografici

AzzeroCO₂ in collaborazione con Legambiente e Kyoto Club, (2010). *Efficienza energetica: le aziende italiane alla sfida del clima, Rapporto integrale*. 9 dicembre.

Bilgen, S., Kaygusuz, K., Sari, A. (2004). Renewable Energy for a Clean and Sustainable Future. *Energy Sources*, Dec., 26 (14), 1119-1129.

- Boyd, W. (2010). Climate change, fragmentation, and the challenges of global environmental law: Elements of a post-Copenhagen assemblage. *University of Pennsylvania Journal of International Law*, Winter, 32 (2), 457-550.
- Brunetti M., Maugeri M., Nanni T. (2006). *La variabilità del clima locale relazionata ai fenomeni di cambiamento climatico globale*. Bologna: Cortemiglia G. Pàtron editore.
- Business & the Environment with ISO 14000 Updates (2009). *Uranium Reserves Too Low to Solve Energy Shortage*. Feb., 20 (2), 8-9.
- Chandler, D. (2010). The Future of the Nuclear Fuel Cycle. *Electric Perspectives*, Nov/Dec, 35 (6), 31.
- Delimatsis, P. (2009). Financial innovation and climate change: the case of renewable energy certificates and the role of the GATS. *World Trade Review*, July, 8 (3), 439-460.
- Eccleston, C. H. (2009). Risk in review: Nuclear energy in the context of climate change. *Environmental Quality Management*, Summer, 18 (4), 45-52.
- Echávvarri, L. (2010). Climate change: The case for nuclear energy. *OECD Observer*, March, 278, 42-43.
- ElBaradei, M. (2005). Fusion of minds. *Engineer*, 293 (7686), 20.
- Environment Report (2009). *European Policy Analyst*, January, 29-32.
- D'Errico, E. (2006). *Dossier ENEA per il risparmio energetico*, Workshop Enea per il risparmio energetico, Roma, 11 maggio.
- Facts about climate change (2009). *Media Development*, 56 (2), 8-10.
- Ferrara, V. (2007). *Rapporto UE sull'impatto dei cambiamenti climatici in Europa*, www.decrecitafelice.it/pagina.php?id_sezione=15&idSottoSezione=36
- Goldemberg, J. (2008). Energy choices toward a sustainable future. *Current*, Jan, 499, 25-33.
- Grassl H. et al. (2004). World in Transition – Towards Sustainable Energy Systems. *German Advisory Council on Global Change (WBGU)*, Publish. Earthscan (UK).
- Gottfried, K. (2006). Climate Change and Nuclear Power. *Social Research*, Fall, 73 (3), 1011-1024.
- Hammons, T. J. (2001). Mitigating Climate Change with Renewable and High-Efficiency Generation. *Electric Power Components & Systems*, Sept, 29 (9), 849-865.
- Icom, Istituto per la competitività (2011). *New ecology. Efficienza energetica, nuove tecnologie applicate al settore energetico, energie rinnovabili*. background paper, Genova, Villa Lo Zerbino (31 marzo/2 aprile).
- Iqbal, B. (2011). Climate change: from Copenhagen to Cancun. *New Zealand International Review*, May/June, 36 (3), 21-24.
- Kaygusuz, K., Yüsek, Ö., Sari, A. (2007). Renewable Energy Sources in the European Union: Markets and Capacity. *Energy Sources Part B: Economics, Planning & Policy*, Jan, 2 (1), 19-29, 11.
- Kidd, S. (2010). Nuclear in the New Decade. *Mechanical Engineering*, May, 132 (5), 54-55.
- Kramer, D. (2009). Obama proposes big increases for energy, climate change, and basic research. *Physics Today*, July, 62 (7), 29-34.
- Lynas, M. (2008). Why greens must learn to love nuclear power. *New Statesman*, 137 (4915), 54-56.
- Mattioli, G. F., Scalia M. (2011). *Nucleare: a chi conviene? Le tecnologie, i rischi, i costi*. Milano: Edizioni Ambiente.
- Metz, B., Davidson, O.R., Bosch P.R., Dave R., Meyer L.A. (eds) (2007). *Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergov-*

- ernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York: Cambridge University Press.
- McGowan, A. H. (2007). Rethinking Energy Options to Address Climate Change. *Environment*, Oct., 49 (8), C2.
- Monk P. (2008). Confusion and logic in the nuclear power debate. *Institute of Public Affairs Review*, Jan., 59 (4), 8-11.
- Nuclear Energy and the Kyoto Protocol (2002). *OECD Papers*. 2002, 2 (8), 3, 45.
- Nuclear Energy Report (2009). *Chapter: 9.0 Uranium reserves and production*. 2, 90-94.
- Nunn, S. (2000). Managing a Nuclear Transition. *Washington Quarterly*, Winter, 23 (1), 7-13.
- Oliveira, A. C. (2007). The energy shift: towards a renewable future, *International Journal of Low Carbon Technologies*, July, 2 (3), 289-587.
- Legambiente (2011), *Rapporto Comuni Rinnovabili 2011*, Roma, Legambiente.
- Renewable Energy and Energy Efficiency Keys to Addressing Climate Change (2007). *Air Pollution Consultant*, 17 (4), 1.1-1.3.
- Short, W. (2001). Potential of Renewables to Mitigate Global Climate Change. *Power Engineering*, April, 105 (4), 12-14.
- Shrader-Frechette, K.S. (2009). Data trimming, nuclear emissions, and climate change. *Science and Engineering Ethics*, Mar; 15 (1), 19-23.
- Svacool B.K. (2009). Nuclear Energy and Renewable Power: Which is the Best Climate Change Mitigation Option. *Proceedings of World Academy of Science: Engineering & Technology*, March, 51, 758-762.